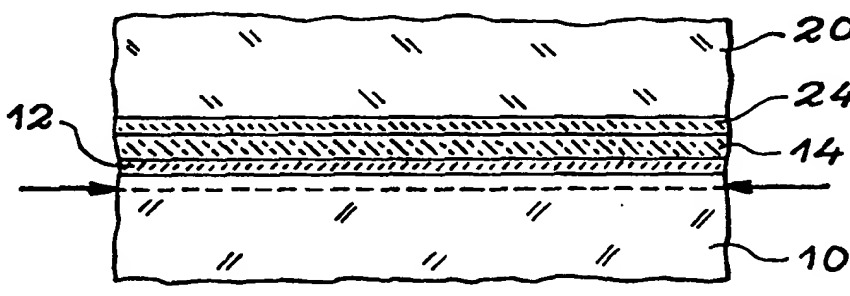


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : H01L	A2	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/39371 (43) Date de publication internationale: 5 août 1999 (05.08.99)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00155</p> <p>(22) Date de dépôt international: 27 janvier 1999 (27.01.99)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 98/00899 28 janvier 1998 (28.01.98) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31/33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): DI CIOCCIO, Léa [FR/FR]; 48, chemin de Labis, F-38330 Saint-Ismier (FR).</p> <p>(74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée <i>Sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport.</i></p>
(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A STRUCTURE SUCH AS AN INSULATOR SEMICONDUCTOR AND IN PARTICULAR SiCOI		
(54) Titre: PROCEDE DE REALISATION D'UNE STRUCTURE DE TYPE SEMI-CONDUCTEUR SUR ISOLANT ET EN PARTICULIER SiCOI		
		
(57) Abstract		
<p>The invention concerns a method for producing a structure comprising a support substrate (20) and a layer of semiconductor material (12) on one surface of the support substrate, the method consisting in: a) forming a semiconductor layer (12) on a surface of a first substrate (10); b) forming a cleavage zone in the first substrate, delimiting a surface layer (16); c) bringing the first substrate (10), with the semiconductor material (12), on the support substrate (20); d) supplying power to cleave the first substrate along the cleavage line (16); e) eliminating said surface layer (16) to expose the semiconductor material layer (12).</p>		

(57) Abrégé

Procédé de réalisation d'une structure comprenant un substrat de support (20) et une couche de matériau semi-conducteur (12) sur une face du substrat de support, le procédé comportant les étapes suivantes: a) formation d'une couche de matériau semi-conducteur (12) sur une face d'un premier substrat (10), b) formation d'une zone de clivage dans le premier substrat, qui délimite une couche superficielle (18), c) report du premier substrat (10), avec la couche de matériau semi-conducteur (12), sur le substrat de support (20), d) apport d'énergie pour provoquer un clivage du premier substrat selon la zone de clivage (16), e) élimination de ladite couche superficielle (18) pour mettre à nu la couche de matériau semi-conducteur (12).

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

PROCEDE DE REALISATION D'UNE STRUCTURE DE TYPE SEMI-
CONDUCTEUR SUR ISOLANT ET EN PARTICULIER SiCOI

Domaine technique

5 La présente invention concerne un procédé particulier de réalisation d'une structure comprenant un substrat de support et une couche de matériau semi-conducteur sur une face du substrat de support.

10 Elle concerne plus particulièrement la formation d'une structure de semi-conducteur sur isolant tel qu'une structure de type carbure de silicium-oxyde-semi-conducteur, par exemple.

15 L'invention trouve des applications dans les domaines de la micro-électronique et de l'optoélectronique pour la réalisation de substrats tels que des substrats comportant une couche de GaN. Ce matériau est un semi-conducteur à large bande interdite et permet la réalisation de dispositifs électro-optiques, tels que des diodes électroluminescentes ou
20 des lasers, fonctionnant dans le spectre de l'ultraviolet et du bleu.

25 L'invention trouve également des applications dans la fabrication de microsystèmes aptes à fonctionner dans des environnements hostiles tels que des environnements à haute température ou des
atmosphères corrosives. Dans ce cas, le procédé de l'invention permet, par exemple, de fournir de fines membranes de carbure de silicium, aptes à supporter les contraintes de l'environnement hostile.

30

Etat de la technique antérieure

 Comme indiqué précédemment, le nitrure de gallium (GaN) est un matériau particulièrement

intéressant, en raison de sa large bande interdite, pour la fabrication de dispositifs électro-optiques. Or, pour de telles applications, il s'avère qu'il n'est pas possible d'obtenir des blocs monocristallins de GaN
5 de taille suffisante.

Ainsi, actuellement, on réalise des substrats comportant une couche de GaN que l'on a fait croître par hétéroépitaxie sur un support de saphir ou de carbure de silicium (SiC).

10 L'utilisation du saphir comme support d'épitaxie conduit à des couches de GaN présentant une grande densité de défauts cristallins. L'utilisation du carbure de silicium (SiC) comme support d'épitaxie permet d'obtenir une meilleure qualité cristalline. Il
15 existe en effet un meilleur accord de paramètre de maille entre le GaN et le SiC.

Le coût très important des substrats de SiC monocristallin constitue cependant un handicap pour son utilisation comme support d'épitaxie.

20 En raison du coût élevé des substrats monocristallins de SiC il est possible d'avoir recours à des substrats plus économiques qui ne comportent qu'une mince couche superficielle de SiC à la surface d'un substrat de base en silicium.

25 Cependant, le silicium, le carbure de silicium, et le nitrure de gallium formé ultérieurement, présentent des coefficients de dilatation thermiques assez différents. Des contraintes importantes ainsi qu'une grande densité de défauts apparaissent alors
30 lors de la formation du nitrure de gallium sur un tel substrat.

Ce problème peut être au moins en partie résolu en prévoyant une couche d'oxyde entre le silicium et le

carbure de silicium. Cette couche permet de réduire les contraintes dues à une dilatation différentielle et obtenir ainsi un substrat dit "compliant".

De façon connue, il est par exemple possible de
5 réaliser des structures de type carbure de silicium sur isolant (SiCOI) en formant par épitaxie une couche de SiC sur un substrat de type silicium sur isolant (SOI).

Cependant, dans ces cas, il reste un mince film de silicium de la couche superficielle de silicium du
10 SOI, entre le SiC et l'oxyde. Or, ce film de silicium fait perdre en partie les propriétés de "compliance" obtenues avec la couche d'oxyde de la structure SOI. De plus, lors de l'épitaxie du SiC, des cavités se forment dans la couche d'oxyde et des défauts apparaissent dans
15 la couche de SiC.

Il est possible également de réaliser une carburation de la couche superficielle de silicium d'un substrat de type silicium sur isolant (SOI), pour la transformer entièrement en SiC et obtenir ainsi une
20 interface SiC/oxyde sans silicium intermédiaire.

Cette solution s'avère cependant difficile à mettre en oeuvre dans la mesure où la couche superficielle de silicium des structures SOI présente généralement une épaisseur de quelques centaines de
25 nanomètres. La carburation du silicium ne permet, en effet, d'obtenir une couche de SiC que sur une épaisseur de l'ordre de la dizaine de nanomètres.

Le document (1) dont la référence est précisée à la fin de la présente description propose un autre
30 procédé pour obtenir un substrat "compliant", comportant une couche de carbure de silicium sur une couche d'oxyde.

Conformément à ce document on forme à la surface d'un substrat de SiC massif, une couche d'oxyde et on implante des ions dans le substrat pour y créer une zone de fragilisation. Cette zone de fragilisation
5 délimite dans le substrat une couche superficielle de SiC en contact avec la couche d'oxyde.

Le substrat de SiC, équipé de la couche d'oxyde, est reporté ensuite sur un substrat cible, en silicium, en mettant en contact la couche d'oxyde avec
10 le substrat cible.

Enfin, un traitement thermique permet de provoquer un clivage du substrat de SiC selon la zone de fragilisation et de libérer la couche superficielle de SiC. Cette couche reste solidaire du substrat cible
15 par l'intermédiaire de la couche isolante.

Le clivage d'un substrat selon une zone de fragilisation, par un traitement thermique, est encore décrit dans le document (2) dont la référence est également précisée à la fin de la présente description.

20 La structure finalement obtenue présente ainsi, dans l'ordre, un substrat de silicium, une couche d'oxyde puis une couche de carbure de silicium.

Le procédé décrit ci-dessus permet d'obtenir des supports avec une couche de SiC, qui sont moins
25 onéreux que les substrats de SiC monocristallin. Le procédé présente cependant un certain nombre de limitations.

Il apparaît en effet qu'un budget thermique (durée du traitement-température du traitement)
30 relativement important est requis pour le clivage du carbure de silicium. Ce budget thermique est par exemple de 1 heure à 850°C. A titre de comparaison, le

clivage du silicium peut être provoqué avec un budget de seulement 30 secondes à 500°C.

Par ailleurs, il s'avère que le carbure de silicium clivé présente une rugosité de surface. La surface de SiC doit ainsi être traitée par polissage avant d'y former d'autres matériaux semi-conducteurs comme le GaN.

Exposé de l'invention

L'invention a pour but de proposer un procédé de réalisation d'une structure comprenant un substrat de support et une couche de matériau semi-conducteur sur une face de ce substrat, telle qu'une structure de type silicium sur isolant, et en particulier de carbure de silicium sur isolant, ne présentant pas les difficultés ou limitations exposées ci-dessus.

Un but est en particulier de proposer un procédé économique de réalisation d'une structure de type carbure de silicium-oxyde-silicium qui ne nécessite pas un budget thermique important lors d'une opération de clivage.

Un but est encore de proposer un tel procédé permettant d'obtenir une couche de SiC avec un excellent état de surface.

Un but est aussi de proposer un procédé de fabrication de supports pour une couche de GaN.

Encore un autre but est de permettre l'obtention d'une structure (en particulier avec des couches de SiC ou de GaN) de grandes dimensions.

Pour atteindre ces buts, l'invention a plus précisément pour objet un procédé de réalisation d'une structure comprenant un substrat de support et une couche de matériau semi-conducteur sur une face du

substrat de support, le procédé comportant les étapes successives suivantes :

- a) formation d'une couche de matériau semi-conducteur sur une face d'un premier substrat,
- 5 b) implantation d'ions dans le premier substrat, sous ladite face, au voisinage de la couche de matériau semi-conducteur, pour former une zone, dite zone de clivage, qui délimite une couche superficielle du premier substrat, en contact avec la couche de
10 matériau semi-conducteur,
- c) report du premier substrat, avec la couche de matériau semi-conducteur, sur le substrat de support, la couche de matériau semi-conducteur étant rendue solidaire du substrat de support,
- 15 d) apport d'énergie pour provoquer un clivage du premier substrat selon la zone de clivage, la couche superficielle du premier substrat restant solidaire de la couche de matériau semi-conducteur et du substrat de support lors de ce clivage,
- 20 e) élimination de ladite couche superficielle pour mettre à nu la couche de matériau semi-conducteur.

Selon un mode avantageux, l'apport d'énergie de l'étape d) est choisi parmi un apport d'énergie thermique, d'énergie mécanique, ou d'une combinaison de
25 ces énergies.

Par apport d'énergie thermique, on entend la mise en oeuvre d'un traitement thermique.

Ce traitement thermique peut être mené avec un budget thermique déterminé fonction des différents
30 budgets thermiques utilisés au cours du procédé. En particulier, ce traitement thermique peut tenir compte du ou des échauffements induits par des traitements thermiques de type hors équilibre thermodynamiques tels

que ceux pouvant résulter de l'étape d'implantation des ions, et par des traitements thermiques utilisant un chauffage ou un refroidissement du substrat tels que par exemple pour l'implantation, ou un éventuel
5 renforcement de forces de liaisons dans le cas de collage avec un support.

Ce traitement thermique peut tenir compte également de l'utilisation d'autres apports d'énergie tels que l'application de forces mécaniques.

10 Ainsi à l'étape d), le traitement thermique peut être nul, l'apport d'énergie pouvant n'être alors que sous forme mécanique.

Selon un mode avantageux de l'invention, l'étape e) d'élimination est réalisée selon un mode
15 d'élimination choisi parmi une gravure chimique humide ou sèche, un polissage, une oxydation suivie d'une gravure, ou une combinaison de ces modes.

Selon un aspect particulier de l'invention, entre les étapes a) et b) ou entre les étapes b) et c),
20 la couche de matériau semi-conducteur peut être soumise à des traitements, tels qu'en particulier des traitements pour l'élaboration de composants actifs et/ou passifs. Lorsque des composants sont élaborés avant l'étape b), ces traitements sont alors pris en
25 compte pour déterminer les conditions de l'implantation d'ions.

Selon une mise en oeuvre particulière de l'invention, le premier substrat peut être un substrat de silicium et la couche de matériau semi-conducteur
30 peut être une couche de carbure de silicium.

On observe que, dans ce cas, le clivage opéré à l'étape d) du procédé n'a pas lieu dans une couche de carbure de silicium mais dans le silicium du premier

substrat. Le clivage peut ainsi être provoqué avec un budget thermique plus faible et laisse par ailleurs intacte la couche de carbure de silicium.

De plus, le procédé de l'invention est adapté à
5 la réalisation de structures avec une couche de matériau semi-conducteur, en particulier du SiC, de très grande surface.

Lors de l'étape c) du procédé, la couche de matériau semi-conducteur peut être solidarisée du
10 substrat au moyen d'un traitement thermique.

Le même traitement thermique peut être prolongé et mis à profit pour provoquer le clivage de l'étape d) du procédé.

Afin d'obtenir une structure finale avec des
15 propriétés de bonne "compliance", pour laquelle les influences des différences de coefficients de dilatation thermique sont faibles, on peut prévoir une couche d'oxyde entre la couche de matériau semi-conducteur et le substrat de support. Ceci est
20 particulièrement intéressant lorsque la couche de matériau semi-conducteur est du carbure de silicium, et lorsque le substrat est en silicium.

A cet effet, on peut utiliser un substrat de support (cible) présentant une couche superficielle
25 d'isolant et reporter le premier substrat avec la couche de matériau semi-conducteur, sur la couche d'isolant du substrat de support.

On peut aussi, à titre alternatif ou complémentaire, former une couche d'isolant sur la
30 couche de matériau semi-conducteur avant l'étape b) d'implantation d'ions.

La couche d'isolant du substrat de support et/ou la couche d'isolant formée sur la couche de

matériau semi-conducteur peuvent être des couches d'oxyde, par exemple.

A la fin du procédé, c'est-à-dire après l'étape e), il est possible d'augmenter l'épaisseur de la
5 couche de matériau semi-conducteur par homoépitaxie.

Dans une mise en oeuvre particulière du procédé, pour la formation de substrats destinés à l'optoélectronique, on peut réaliser une couche superficielle en carbure de silicium et former sur
10 cette couche, une couche de nitrure de gallium.

La couche de nitrure de gallium peut être formée par hétéroépitaxie.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui
15 suit, en référence aux figures des dessins annexés. Cette description correspond à un mode de mise en oeuvre particulier de l'invention et est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

20 Brève description des figures

- Les figures 1 à 3 sont des coupes schématiques d'un premier substrat lors d'étapes de préparation précédant son report sur un substrat de support, ou substrat cible.

25 - Les figures 4 et 5 sont des coupes schématiques illustrant l'opération de report du premier substrat sur le substrat de support.

- La figure 6 est une coupe schématique du substrat de support obtenu après clivage du premier
30 substrat.

- La figure 7 est une coupe schématique du substrat de la figure 6 obtenu après un traitement de

surface et sur lequel on a rendu plus épaisse une couche superficielle de matériau semi-conducteur.

- La figure 8 est une coupe schématique du substrat de la figure 6 après un traitement de surface et sur lequel on a fait croître une couche de matériau semi-conducteur.

Il convient de noter que, pour des raisons de clarté, les différentes couches de matériau des structures visibles sur les figures sont représentées en échelle libre ; les dimensions de certaines parties étant fortement exagérées.

Description détaillée d'exemples de modes de mise en oeuvre de l'invention

La figure 1 montre un premier substrat 10 en silicium, sur lequel on a formé une couche de carbure de silicium 12.

La couche de carbure de silicium est obtenue, par exemple, par carburation en surface du silicium du substrat 10 par une réaction entre un hydrocarbure et le silicium. Cette réaction a lieu à une température de l'ordre de 1350°C et permet de former une couche de carbure de silicium (SiC) de faible épaisseur. L'épaisseur de la couche de carbure de silicium est de l'ordre de 5 à 10 nm.

On peut observer que le procédé décrit ici peut être mis en oeuvre avec des plaquettes de grand diamètre qui forment le premier substrat.

La figure 2 montre une étape facultative du procédé lors de laquelle on dépose sur la couche de SiC 12, une couche d'oxyde de silicium 14. Cette couche, d'une épaisseur de l'ordre de 500 nm, permet de réduire ultérieurement des effets de dilatations thermiques

différentielles entre la couche de carbure de silicium et un substrat de support en silicium, décrit plus loin, sur lequel cette couche est reportée.

5 L'épaisseur de la couche d'oxyde n'est pas critique et peut être choisie dans une large gamme de valeurs.

10 La figure 3 montre la formation dans le premier substrat 10 d'une zone de clivage 16. La zone de clivage est formée par implantation d'ions, par exemple d'ions hydrogène. La dose et l'énergie de l'implantation sont choisies en fonction de l'épaisseur des couches de SiC 12 et d'oxyde 14 de façon à former de préférence la zone de clivage sous la couche superficielle 12, dans le substrat 10, le plus près possible de sa surface, c'est-à-dire le plus près possible de l'interface Si/SiC.

Pour une description plus détaillée de la formation d'une zone de clivage, on peut se reporter au document (2) déjà mentionné.

20 La zone de clivage 16 délimite dans le substrat de silicium 10 une couche superficielle de silicium 18.

Comme le montre la figure 4, le premier substrat 10, équipé de la couche de carbure de silicium 12 et de la couche d'oxyde 14, est approché d'un deuxième substrat de support 20, ce deuxième substrat est en silicium et présente sur l'une de ses faces une couche d'oxyde de silicium 24. Le substrat de support 20 est encore appelé substrat cible.

30 Les substrats 10 et 20 sont orientés de façon à mettre en regard les couches d'oxyde 14 et 24 qui ont été préalablement nettoyées en vue d'un collage.

Il convient de noter ici que la couche d'oxyde 24 formée à la surface du deuxième substrat 20, de même

que la couche d'oxyde 14 du premier substrat 16 sont facultatives.

La figure 5 montre le report du premier substrat 10 sur le deuxième substrat 20, en mettant en contact les faces libres de ces substrats, formés respectivement par les couches d'oxyde.

Les couches d'oxyde sont collées l'une à l'autre par adhérence moléculaire. Le collage peut être renforcé par un traitement thermique approprié.

Le traitement thermique est poursuivi, ou un autre traitement thermique est mis en oeuvre, avec un budget thermique suffisant pour provoquer un clivage de la structure de la figure 5 selon la zone de clivage 16. Le clivage est figuré par des flèches.

Après le clivage et après élimination de la partie massive restante du premier substrat, on obtient la structure représentée à la figure 6. L'orientation du deuxième substrat 20 de la figure 6 a été modifiée de 180°, par rapport à la figure 5.

La structure de la figure 6 comporte, dans l'ordre, le substrat de support 20, la couche d'oxyde 24 formée à sa surface, la couche d'oxyde 14 provenant du premier substrat, la couche de carbure de silicium 12 et la fine couche de silicium superficielle 18 provenant également du premier substrat.

La couche superficielle 18 est ensuite retirée de la structure par exemple par une attaque chimique de type humide avec une solution de TMAH.

Pour réaliser des capteurs ou des éléments de micromécanique avec une membrane en carbure de silicium, on peut augmenter l'épaisseur de la couche de carbure de silicium 12 par épitaxie de carbure de silicium sur cette couche.

Cette opération est représentée à la figure 7 sur laquelle l'épaisseur de la couche 12 de SiC est augmentée.

5 Par épitaxie on peut augmenter l'épaisseur de la couche de carbure de silicium jusqu'à des valeurs de 500 nm à 1 μ m par exemple.

Des structures à membrane de SiC suspendue peuvent être obtenues facilement par gravure partielle des couches d'oxyde 24, 14 sous-jacentes.

10 Dans une autre application du substrat, par exemple dans le domaine de l'optoélectronique, un matériau semi-conducteur peut être formé par hétéroépitaxie sur la couche 12 de SiC après l'élimination de la couche superficielle de silicium.

15 La figure 8 montre une telle application, dans laquelle une couche de GaN 30 est formée sur la couche de carbure de silicium 12 mise à nu.

La description qui précède ne constitue qu'un exemple particulier de mise en oeuvre de l'invention.
20 Les matériaux choisis et l'épaisseur des couches peuvent varier dans une large gamme en fonction des applications envisagées.

Le procédé de l'invention peut être appliqué à des matériaux autres que le SiC tels que par exemple
25 l'AsGa, le GaN ou du matériau ferroélectrique.

Il permet alors également d'obtenir des couches de matériau de bonne qualité, peu sensibles aux dilatations thermiques et dont l'épaisseur peut être ajustée en fin de procédé, par exemple par épitaxie.

30 De même, les matériaux utilisés pour les premier et deuxième substrats peuvent être autres que le silicium. On peut utiliser par exemple du saphir.

DOCUMENTS CITES

(1)

5 "Smart Cut" Process Offers SiC Structures on
 Silicon Wafers
 de Brian Dance
 58/Semiconductor International, May 1997

(2)

10 EP-A-0 533 551

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'une structure comprenant un substrat de support (20) et une couche de matériau semi-conducteur (12) sur une face du substrat de support, le procédé comportant les étapes successives suivantes :

- a) formation d'une couche de matériau semi-conducteur (12) sur une face d'un premier substrat (10),
- b) implantation d'ions dans le premier substrat, sous ladite face, au voisinage de la couche de matériau semi-conducteur, pour former une zone (16), dite zone de clivage, qui délimite une couche superficielle (18) du premier substrat (10), en contact avec la couche de matériau semi-conducteur (12),
- c) report du premier substrat (10), avec la couche de matériau semi-conducteur (12), sur le substrat de support (20), la couche de matériau semi-conducteur (12) étant rendue solidaire du substrat de support (20),
- d) apport d'énergie pour provoquer un clivage du premier substrat selon la zone de clivage (16), la couche superficielle (18) du premier substrat restant solidaire de la couche de matériau semi-conducteur (12) et du substrat de support (20) lors de ce clivage,
- e) élimination de ladite couche superficielle (18) pour mettre à nu la couche de matériau semi-conducteur (12).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lors de l'étape d) l'apport d'énergie est effectué sous une forme choisie parmi un apport

d'énergie thermique, un apport d'énergie mécanique ou un apport d'une combinaison de ces énergies.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape e) est mise en oeuvre selon un mode
5 d'élimination choisi parmi une gravure chimique, humide ou sèche, un polissage, une oxydation suivie d'une gravure, ou une combinaison de ces modes.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le premier substrat (10) est un substrat de
10 silicium et la couche de matériau semi-conducteur (12) est une couche de carbure de silicium.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel la couche (12) de matériau semi-conducteur en carbure de silicium est obtenue en faisant réagir le
15 silicium du premier substrat (10) avec un hydrocarbure.

6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on forme une couche d'isolant (14) sur la couche de matériau semi-conducteur (12) avant l'étape b) d'implantation d'ions.

7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on utilise un substrat de support (20)
20 présentant une couche superficielle (24) d'isolant et dans lequel, lors de l'étape c) on reporte le premier substrat (10) avec la couche de matériau semi-conducteur (12), sur la couche d'isolant (24) du
25 substrat de support.

8. Procédé selon la revendications 2 ou 3, dans lequel l'isolant est un oxyde.

9. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, après l'étape e), on effectue sur la couche de
30 matériau semi-conducteur (12) une épitaxie du même matériau, afin d'augmenter l'épaisseur de la couche de matériau semi-conducteur (12).

10. Procédé selon la revendication 4, dans lequel, après l'étape e), on forme sur la couche (12) de carbure de silicium une couche (30) de GaN.

5 11. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la couche de matériau semi-conducteur (12) est rendue solidaire du substrat de support (20) par un traitement thermique.

10 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel ledit traitement thermique pour rendre la couche de matériau semi-conducteur solidaire du substrat de support est prolongé pour provoquer également le clivage de l'étape d).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 1

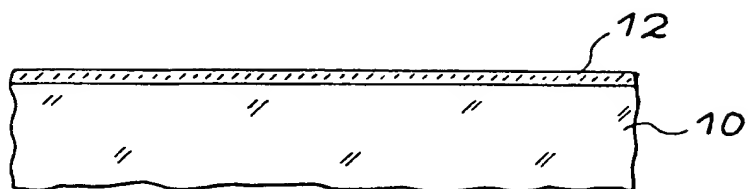


FIG. 2

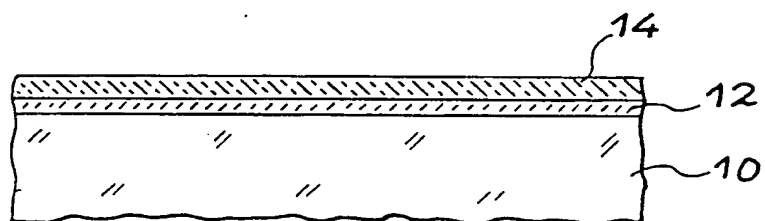


FIG. 3

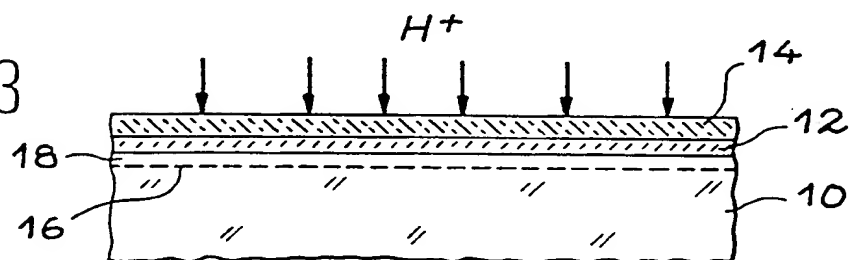
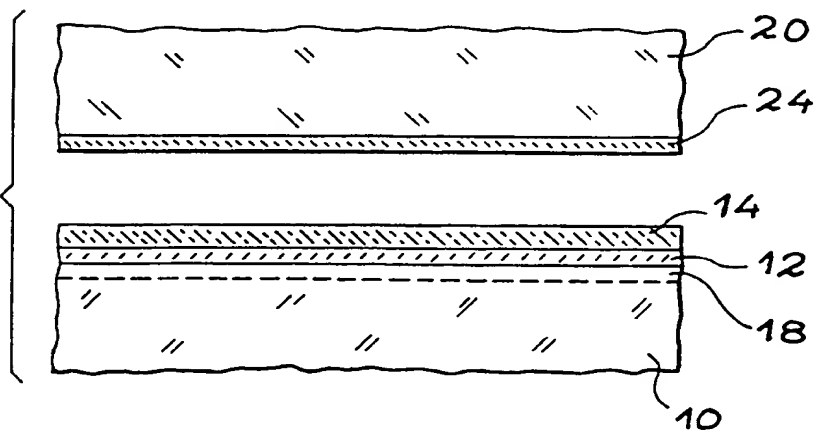
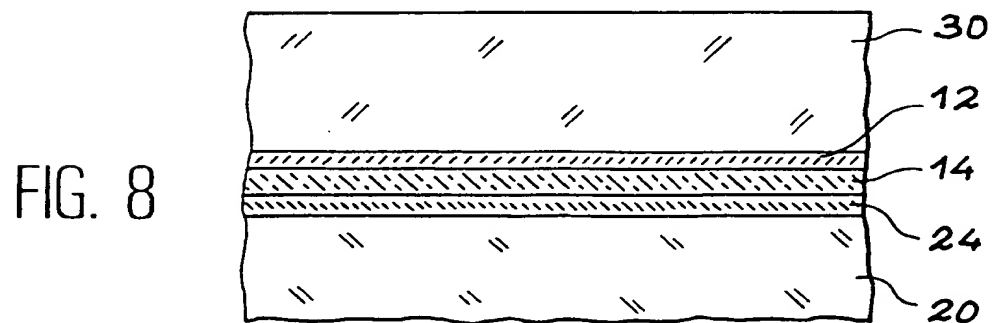
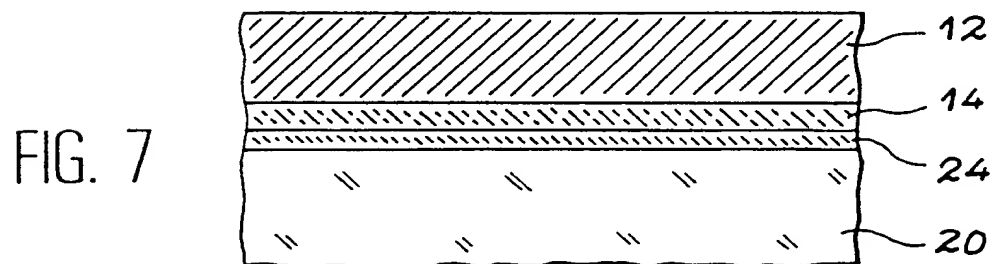
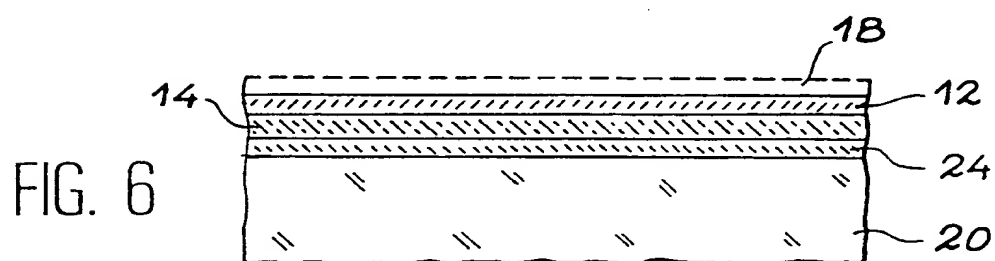
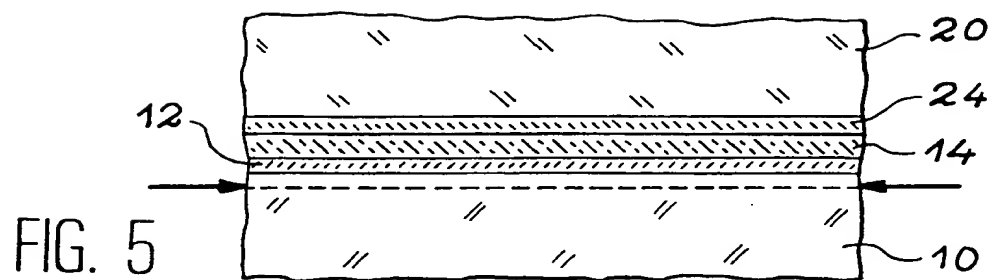


FIG. 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)



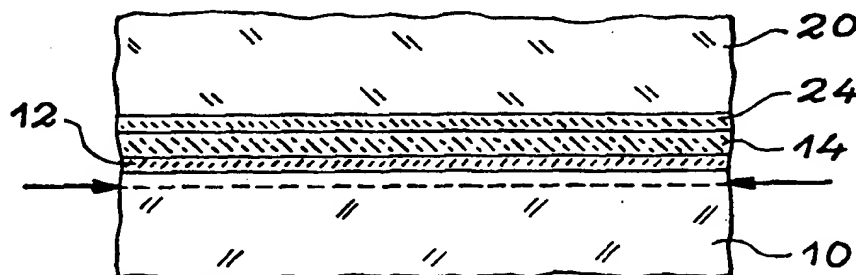
THIS PAGE BLANK (USPTO)

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : H01L 21/20, 21/76	A3	(11) Numéro de publication internationale: WO 99/39371 (43) Date de publication internationale: 5 août 1999 (05.08.99)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/00155 (22) Date de dépôt international: 27 janvier 1999 (27.01.99) (30) Données relatives à la priorité: 98/00899 28 janvier 1998 (28.01.98) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE (FR/FR); 31/33, rue de la Fédération, F-75015 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): DI CIOCCIO, Léa [FR/FR]; 48, chemin de Labis, F-38330 Saint-Ismier (FR). (74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).		(81) Etats désignés: JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i> (88) Date de publication du rapport de recherche internationale: 7 octobre 1999 (07.10.99)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A STRUCTURE SUCH AS AN INSULATOR SEMICONDUCTOR AND IN PARTICULAR SiCOI

(54) Titre: PROCEDE DE REALISATION D'UNE STRUCTURE DE TYPE SEMI-CONDUCTEUR SUR ISOLANT ET EN PARTICULIER SiCOI

**(57) Abstract**

The invention concerns a method for producing a structure comprising a support substrate (20) and a layer of semiconductor material (12) on one surface of the support substrate, the method consisting in: a) forming a semiconductor layer (12) on a surface of a first substrate (10); b) forming a cleavage zone in the first substrate, delimiting a surface layer (18); c) bringing the first substrate (10), with the semiconductor material (12), on the support substrate (20); d) supplying power to cleave the first substrate along the cleavage line (16); e) eliminating said surface layer (16) to expose the semiconductor material layer (12).

(57) Abrégé

Procédé de réalisation d'une structure comprenant un substrat de support (20) et une couche de matériau semi-conducteur (12) sur une face du substrat de support, le procédé comportant les étapes suivantes: a) formation d'une couche de matériau semi-conducteur (12) sur une face d'un premier substrat (10), b) formation d'une zone de clivage dans le premier substrat, qui délimite une couche superficielle (18), c) report du premier substrat (10), avec la couche de matériau semi-conducteur (12), sur le substrat de support (20), d) apport d'énergie pour provoquer un clivage du premier substrat selon la zone de clivage (16), e) élimination de ladite couche superficielle (18) pour mettre à nu la couche de matériau semi-conducteur (12).

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce		de Macédoine	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/FR 99/00155

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01L21/20 H01L21/76

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	TONG Q -Y ET AL: "A FEASIBILITY STUDY OF SIC ON OXIDE BY WAFER BONDING AND LAYER TRANSFERRING" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOI CONFERENCE, PALM SPRINGS, OCT. 5 - 7, 1993, no. CONF. 19, 5 October 1993 (1993-10-05), page 60/61 XP000470402 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS the whole document --- -/--	1-4,6-12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 August 1999

Date of mailing of the international search report

27/08/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gélébart, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 99/00155

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DI CIOCCIO L ET AL: "Silicon carbide on insulator formation by the Smart-Cut(R) process" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B, vol. 46, no. 1-3, April 1997 (1997-04), page 349-356 XP004085343 paragraph '0004!; figure 9 -----	1-4,6-12
Y	US 5 563 428 A (GUARIN FERNANDO J ET AL) 8 October 1996 (1996-10-08)	9,10
A	column 3, line 44 - line 50; figure 2 column 3, line 42 - line 44 column 4, line 44 -----	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/00155

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5563428 A	08-10-1996	JP 8236445 A	13-09-1996
		US 5667586 A	16-09-1997
<hr/>			

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

le internationale No
PCT/FR 99/00155

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H01L21/20 H01L21/76

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>TONG Q -Y ET AL: "A FEASIBILITY STUDY OF SIC ON OXIDE BY WAFER BONDING AND LAYER TRANSFERRING"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOI CONFERENCE, PALM SPRINGS, OCT. 5 - 7, 1993,</p> <p>no. CONF. 19, 5 octobre 1993 (1993-10-05), page 60/61 XP000470402</p> <p>INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS</p> <p>le document en entier</p> <p>---</p> <p>-/--</p>	1-4, 6-12

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 août 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/08/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gélébart, J

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DI CIOCCIO L ET AL: "Silicon carbide on insulator formation by the Smart-Cut(R) process" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B, vol. 46, no. 1-3, avril 1997 (1997-04), page 349-356 XP004085343 alinéa '0004!; figure 9 ---	1-4,6-12
Y	US 5 563 428 A (GUARIN FERNANDO J ET AL) 8 octobre 1996 (1996-10-08)	9,10
A	colonne 3, ligne 44 - ligne 50; figure 2 colonne 3, ligne 42 - ligne 44 colonne 4, ligne 44 -----	5

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux familles de brevets

de Internationale No

PCT/FR 99/00155

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5563428 A	08-10-1996	JP 8236445 A	13-09-1996
		US 5667586 A	16-09-1997

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 12946.3 EW	POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER	
Demande internationale n° PCT/FR 99/ 00155	Date du dépôt international (jour/mois/année) 27/01/1999	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 28/01/1998
Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

- b. En ce qui concerne **les séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'abrégé,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

5

☐ Aucune des figures n'est à publier.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

FR 99/00155

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H01L21/20 H01L21/76

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>TONG Q -Y ET AL: "A FEASIBILITY STUDY OF SIC ON OXIDE BY WAFER BONDING AND LAYER TRANSFERRING"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOI CONFERENCE, PALM SPRINGS, OCT. 5 - 7, 1993,</p> <p>no. CONF. 19, 5 octobre 1993 (1993-10-05), page 60/61 XP000470402</p> <p>INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS</p> <p>le document en entier</p> <p style="text-align: center;">---</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-4,6-12



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 août 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

27/08/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gélébart, J

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Requête internationale No

PCT/FR 99/00155

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	DI CIOCCIO L ET AL: "Silicon carbide on insulator formation by the Smart-Cut(R) process" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B, vol. 46, no. 1-3, avril 1997 (1997-04), page 349-356 XP004085343 alinéa '0004!; figure 9 ---	1-4,6-12
Y	US 5 563 428 A (GUARIN FERNANDO J ET AL) 8 octobre 1996 (1996-10-08)	9,10
A	colonne 3, ligne 44 - ligne 50; figure 2 colonne 3, ligne 42 - ligne 44 colonne 4, ligne 44 -----	5

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 99/00155

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5563428 A	08-10-1996	JP 8236445 A	13-09-1996
		US 5667586 A	16-09-1997
<hr/>			

PAGE BLANK (USPTO)